

помощью теплообменников на системе охлаждения двигателя и на системе отвода отходящих газов.

*Работа выполнена в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-19-10227).*

#### Список использованных источников

1. Отчет энергетические газотурбинные установки и энергетические установки на базе газопоршневых и дизельных двухтопливных двигателей [Электронный ресурс] // Портал "РосТепло". URL: [http://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=788](http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=788) (дата обращения 02.11.2015).
2. Трохин И. Газопоршневые двигатели для мини-ТЭЦ на природном газе и биогазе [Электронный ресурс]. URL: [http://www.aqua-therm.ru/articles/articles\\_276.html](http://www.aqua-therm.ru/articles/articles_276.html). (дата обращения 02.11.2015).
3. Тареев В.М. Справочник по тепловому расчету рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания. М: Ленинград 1961. 416 с.
4. Коллеров Л.К. Газовые двигатели поршневого типа. Л.: Машиностроение. 1968. 212 с.
5. Шароглазов Б.А., Фарафонов М.Ф., Клементьев В.В. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов. Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2004. 344 с.

УДК 621.577

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ИСПАРИТЕЛЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

### STUDY OF MODES HEAT PUMP EVAPORATOR

Козырев Д. В., Квеладзе З. Д., Пташкина-Гирина О. С., Низамутдинов Р. Ж.  
Южно-Уральский государственный аграрный университет,  
г. Челябинск, [dmitros.kovarne@gmail.com](mailto:dmitros.kovarne@gmail.com)

Kozyrev D. V., Kveladze Z. D., Ptashkina-Girina O. S., Nizamutdinov R. Zh.  
South Ural State Agroengineering University, Chelyabinsk

**Аннотация:** В работе проведен поиск наиболее эффективных методов отбора тепла от различных видов сред. Приводятся основания для выбора различных форм-факторов испарителей теплонасосных установок.

**Abstract:** The work carried out to find the most effective methods of heat removal from the environment to give reasons for the choice of a variety of form factors evaporators heat pump systems.

**Ключевые слова:** тепловой насос; ТНУ; испаритель; теплообменник.

**Key words:** heat pump systems; evaporator; heat exchanger.

Основные элементы установки и конструкция стенда. Столешница служит основанием для установки, на ней располагаются компрессор, дроссель, теплообменники и система коммутации всех составных элементов установки.

Вертикальная панель выполняет роль информационного табло, на ней закреплены все приборы и разведена электрическая схема подключения стенда.

Примеры опытов, проводимых на установке. Наиболее наглядным и удобным является опыт «вода-вода». Он проводится при наличии воды как среды, из которой мы будем забирать тепловую энергию в одной емкости и воды, которой мы будем отдавать тепло в другой емкости соответственно. После прохождения первого этапа эксперимента, получили следующие зависимости, приведенные на рис. 1.

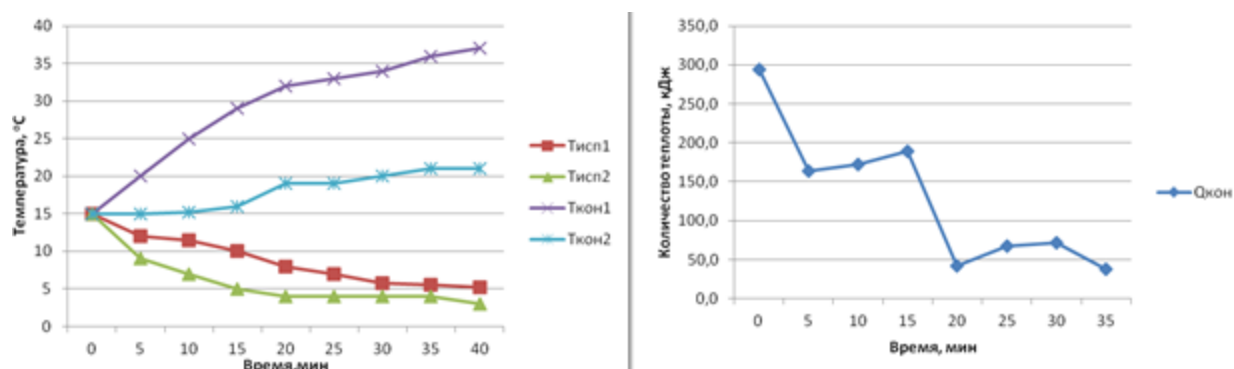


Рис. 1. Графики количества теплоты и температуры

Так как на первом этапе циркуляции в емкостях не происходит, жидкость расслаивается. На графике (рис. 1) видно как изменяется температура в слоях жидкости.

Основная проблема на этом этапе эксперимента – это обледенение испарителя. Он покрывается коркой льда, что отрицательно сказывается на передаче тепла от жидкости к теплообменнику. График количества теплоты, которая выделяется за единицу времени на (рис. 2). Поэтому, было решено провести второй этап эксперимента и сравнить результаты.

После прохождения второго этапа эксперимента получаем графики.

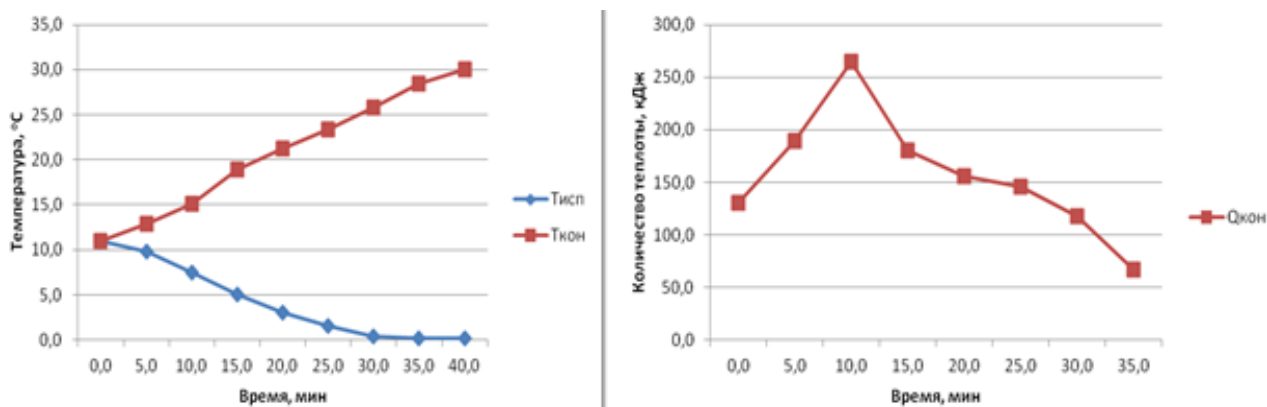


Рис. 2. Графики количества теплоты и температуры

На этом этапе жидкость внутри емкостей циркулирует и равномерно перемешивается. Из графика видно, что температура на испарителе в этом случае понижается равномернее. Образование льда вокруг испарителя не наблюдается, увеличивается КПД. График выделения теплоты за единицу времени представлен на (рис. 2).

Если сравнить два графика, то будет наглядно видна разница в выделении тепла на двух этапах эксперимента (рис. 3).

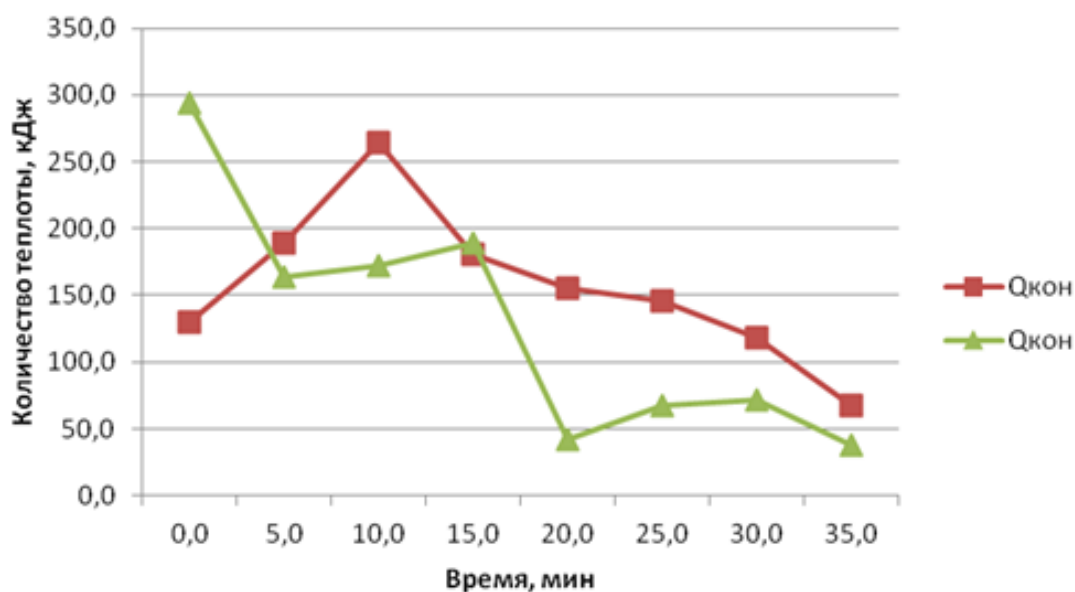


Рис. 3. График сравнения получаемой теплоты

Исследование эффективности работы теплообменного аппарата в грунте. Источником номер два становится грунт на небольшой глубине, но достаточной для сохранения НПТ.

Вторая серия опытов направлена на исследование поведения ТНУ при работе с песчаным грунтом. Логично предположить, что теплоемкость и теплопроводность грунта будут зависеть от его влажности. Для получения наиболее приближенных и однотипных показаний был выбран строительный песок.

После проведения замеров получаем графики, приведенные на рис. 4.

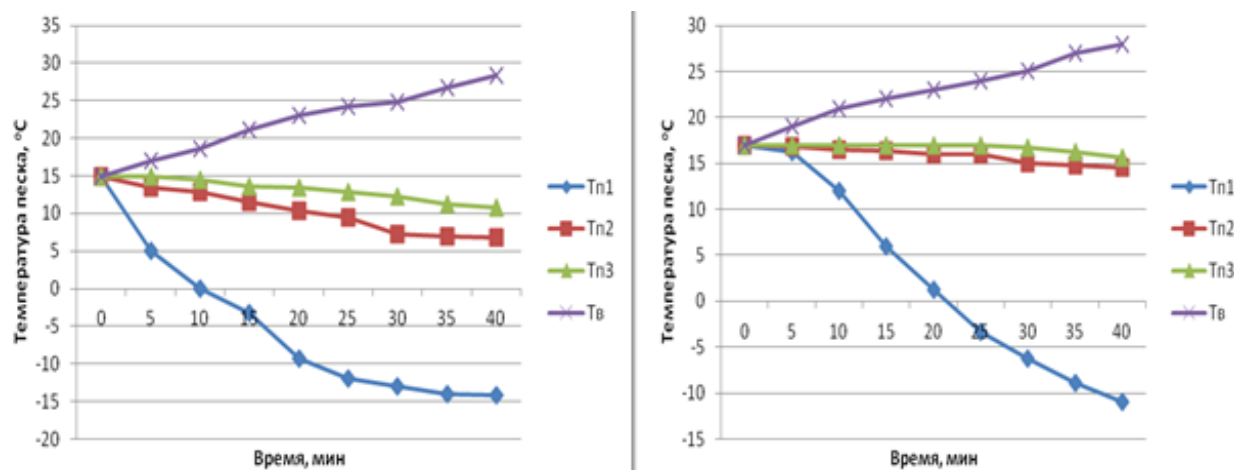


Рис. 4. Графики распределения температуры в сухом и влажном песке

Первая серия измерений (рис. 4): испытания проводятся на сухом песке. Из графика видно заметное падение температуры на первом участке внутри спирали теплообменника и отсутствие отбора тепла с остальных зон. КПД ТНУ составил 1,83.

Второй опыт (рис. 4): Испытания проводятся на влажном песке (добавлено 100 г воды на 1000 г песка). Можно отметить, что графики температур начинают сходиться из-за повышения теплопроводности песка. Теперь становится заметно падение температуры в остальных зонах исследуемой среды. КПД ТНУ составил 1,95.

Данные опыты показывают, возможности стенда. И приводят нас к выводу о том, что наибольшую роль в производительности теплового насоса играет конструкция теплообменного аппарата испарителя, и основной проблемой теплонасосных установок является эффективный отбор тепла.

#### Список использованных источников

1. СНиП 23-01- 99. Система нормативных документов в строительстве. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Строительная климатология. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kwark.ru/files/gs/010.pdf>. (дата обращения 12.11.2016).
2. Низамудинов Р.Ж. Использование низкопотенциальной тепловой энергии Земли для теплоснабжения сельского потребителя в условиях Южного Урала: Автореферат дисс. на соиск. к. т. н. ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия», Челябинск, 2013. 26 с.
3. Голованова И.В. Тепловое поле Южного Урала / Отв. ред. В.Н.Пучков; Ин-т геологии Уфим. НЦ РАН. М.: Наука, 2005. 189 с.
4. Гидрогеология СССР. Том XIV. Урал. Уральское территориальное геологическое управление. Редактор В.Ф.Прейс. М., «Недра», 1972, 648 с.

5.Лаборотрный стенд ГалСэн - Тепловой насос [Электронный ресурс].  
URL: <http://galsen.ru/catalog> (дата обращения 02.11.2015).

УДК 624.9

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОРОЗНОГО СЛОЯ

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE HYDRAULIC RESISTANCE BED POROSITY

Коротаева Н. М., Колибаба О. Б.

Ивановский государственный энергетический университет, г. Иваново,  
[korotaevan1994@mail.ru](mailto:korotaevan1994@mail.ru)

Korotaeva N. M., Kolibaba O. B.

Ivanovo State Power University, Ivanovo

**Аннотация:** В работе экспериментально исследовано влияние гидравлического сопротивления слоя твердых бытовых отходов (ТБО) на процесс фильтрации теплоносителя в процессе его сушки. Определены значения порозности, перепада давлений и скорости движения газа. Получены графические зависимости коэффициента гидравлического сопротивления от скорости движения газа, а также перепада давления от скорости. Выведены эмпирические формулы для расчета коэффициента гидравлического сопротивления слоя ТБО.

**Abstract:** The work investigated the filtration process gas in the layer of municipal solid waste (MSW), depending on the flow resistance. The experimentally determined values of porosity, pressure drop and gas velocity. A graphical dependence of the flow resistance of the air velocity and pressure drop of the speed found. We derive two empirical formula of finding the coefficient of hydraulic resistance of the layer of solid waste.

**Ключевые слова:** *твердые бытовые отходы (ТБО); влажность; пористость; коэффициент гидравлического сопротивления.*

**Key words:** *municipal solid waste (MSW); moisture content; porosity; hydraulic resistance coefficient.*

Процесс фильтрации газа в слое твердых бытовых отходов (ТБО) зависит от его гидравлического сопротивления. Определение сопротивления слоя ТБО сопряжено с затруднениями, связанными с его неявно выраженной структурой.